

锦屏二级水电站1#发电机定子绕组整体交流耐压试验

雷鸣, 田维平, 丁世全

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 611130)

摘要:锦屏二级水电站是雅砻江流域梯级开发规划中总装机容量最大的水电站, 发电机定子下线工艺采用法国阿尔斯通工艺技术。定子在现场安装间完成铁芯叠装、在机坑内完成定子下线后进行定子绕组整体交流耐压试验。

关键词:锦屏二级水电站; 定子; 工艺技术; 整体; 绝缘; 交流; 耐压试验

中图分类号: TV7; TV734; TV37

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2015)增2-0049-03

1 概述

锦屏二级水电站总装机容量为8台×600 MW/台=4 800 MW, 是世界上同类型机组同等容量下水头最高(额定水头288 m)的水轮发电机组。发电机设备由天津阿尔斯通水电设备有限公司(ALSTOM)制造, 定子绕组双层布置, 采用条式波绕组、三相六支路并联、“Y”形连接接线方式。线棒在槽内部分经罗贝尔编织换位而成, 线棒为VPI真空压力浸渍成形, 线棒接头采用银焊。定子下线工艺采用阿尔斯通总公司的绝缘规范、制造工艺和质检标准。

2 发电机主要参数

发电机主要参数见表1。

表1 发电机主要参数表

项 目	参 数
型号	SF600-36/12000, 立轴、半伞式、空冷
额定电压/kV	20
额定电流/A	19 245
额定转速/r·min ⁻¹	166.7
定子槽数/槽	432
定子绕组绝缘等级	F
额定功率因数	0.9(滞后)
额定频率/Hz	50

3 定子绕组整体交流耐压试验

3.1 试验项目及标准

3.1.1 定子绕组绝缘电阻、吸收比和极化指数试验

(1) 试验目的: 检验定子绕组绝缘局部或整体受潮的程度和脏污, 以及定子绕组绝缘的其它

缺陷。

(2) 试验标准: 绝缘电阻 $\geq 2.61 \text{ M}\Omega$ (换算到100℃); 吸收比 ≥ 1.6 ; 极化指数 ≥ 2 ; 平衡系数 ≤ 2 。

3.1.2 定子绕组交流耐压试验

(1) 试验目的: 检验发电机绝缘的耐电强度、机组绝缘, 并能承受过电压侵袭的能力。

(2) 试验标准: 试验电压为 $2U_n + 3 = 43 \text{ (kV)}$, 历时1 min。试验过程中, 观察定子绕组端部在1.1倍(22 kV)线电压下应无明显的电晕亮点和闪络。

3.2 试验成果及分析

3.2.1 定子绕组交流耐压试前绝缘电阻、吸收比和极化指数试验

由于试验容量大, 测量时采用电动兆欧表。试验时每相分别进行, 对全部测温电阻及非试验相可靠接地。定子绕组交流耐压试前绝缘电阻(吸收比、极化指数)实测结果(实测温度: 22℃)及换算后的分析比较情况见表2。

由表2可见: 定子绕组交流耐压前60 s实测绝缘电阻值换算到100℃的值三相均为7.67 MΩ, 满足设计 $\geq 2.61 \text{ M}\Omega$ 的要求; 吸收比最小值为8.57, 满足设计和规范 ≥ 1.6 的要求; 极化指数最小值为3.33, 满足规范和设计 ≥ 2 的要求; 平衡系数为0, 满足设计 ≤ 2 的要求。因此, 定子绕组的绝缘情况满足进行定子整体交流耐压的要求, 可以进行定子耐压试验。

3.2.2 定子绕组交流耐压试验

当对一相定子绕组进行耐压时, 其余绕组、测

收稿日期: 2015-07-20

表 2 耐压试验前绕组吸收比和极化指数表

相别	15 s	60 s	60 s 换算到 100 ℃	10 min	吸收比(60 s/15 s)	极化指数(10 min/60 s)	60 s 平衡系数
A	35	300	7.67	1 100	8.57	3.67	
B	30	300	7.67	1 000	10	3.33	0
C	35	300	7.67	1000	8.57	3.33	

温电阻和机壳等可靠接地。试验前将试验电压控制回路进行过电压及过电流整定。零起升压至 110% 额定线电压(22 kV),在黑暗状态下观察定子绕组端部无明显的电晕亮点和闪络;逐步升压,直到电晕出现,记录起晕电压。当试验电压升至 43 kV、历时 1 min、无任何异常时试验通过。

(1) 试验前试验设备容量计算:定子每相对地电容值(设计值): $C_0 = 1.783 \mu\text{F}$;电容电流: $I_c = U_c \omega C = 43 \times 2\pi f \times C_0 \times 10^{-3} = 24.07(\text{A})$;试验

设备输入功率: $P = S/Q = U_c I_c / 10 = 43 \times 24.07 / 10 = 103.5(\text{kW})$;试验设备输入电流: $I = P/U_e = 103.5/0.4 = 258.7(\text{A})$ 。

(2) 试验设备:串联谐振试验变压器 CHX(1)-L1650/55 一台(套);2 500 V 电动兆欧表 ZC48-1 一台;交直流分压器 SGB-100A 一台;数字秒表一只;温湿度计一只。

(3) 试验接线情况见图 1。

(4) 第一相(C 相)交流耐压试验中途终止情

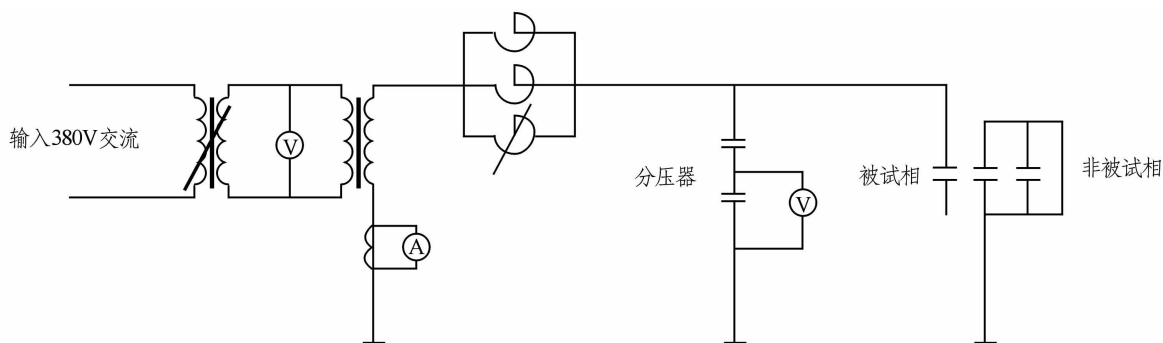


图 1 试验接线图

况简析。

在进行第一相(C 相)交流耐压试验时,当试验电压加升到 35 kV 时,定子中性点铜环引出线出现急剧的爬、放电现象,为此,试验及时终止。现场进行检查,发现中性点引出线在与中性点支架环氧玻璃布板接触的部位有一个明显的击穿点。经仔细分析,发现现场施工对设计意图存在理解偏差。根据“支板”部件图,要求在中性点支架环氧玻璃布板的“……范围内(两面)及孔(出线孔)内表面涂 LL16 防晕漆一层”。而在《定子绕组安装说明书》中多处提及“根据图纸对绕组伸出端喷涂必要的电晕保护漆”。故部件图和说明书的技术要求存在偏差。因此,现场施工将中

性点引出线、中性点支架环氧玻璃布板两面及环氧玻璃布板出线孔内表面均涂刷了一层 LL16 防晕漆,导致在主引出线加压时中性点引出线通过 LL16 发生放电击穿现象。

根据上述检查、分析,现场及时对所有分支中性点引出部位环氧玻璃布板的两面及其出线孔内表面、环氧玻璃布板和中性点裸露端子之间中性点引出线上涂刷的 LL16 防晕漆及 C 相中性点引出线上的放电击穿点进行了彻底清理和处理,再次重新加压,C 相加压到 43 kV,历时 1 min,顺利通过。B 相、A 相也顺利一次性通过交流耐压试验。

(5) 定子绕组交流耐压试验实测结果见表 3。

表 3 定子绕组交流耐压试验数据表

相别	低压电流 /A	低压电压 /V	高压电流 /A	起晕电压 /kV	高压电压 /kV	历时
A	325	350	25	30	43	1 min
B	325	350	25	29	43	1 min
C	321	350	25	30	43	1 min

(6) 由表 3 可见:在定子绕组交流耐压过程中,单相最低起晕电压为 29 kV,符合设计 > 22

kV 的要求。1#机定子绕组三相均在 43 kV 试验电压下历时 1 min 耐压通过。因此,定子绕组的

整体交流耐压试验合格。

3.2.3 定子绕组交流耐压试验后绝缘电阻、吸收比和极化指数试验

定子绕组交流耐压试验后绝缘电阻、吸收比、极化指数实测结果(实测温度:22℃)及换算后分析比较情况见表4。

表4 耐压试验后绕组吸收比和极化指数表

相别	15 s	60 s	60 s 换算到 100℃	10 min	吸收比(60 s/15 s)	极化指数(10 min/60 s)	60 s 平衡系数
A	30	300	7.67	1 000	10	3.33	
B	35	300	7.67	900	8.57	3.33	0
C	35	300	7.67	900	8.57	3.00	

由表4可见:定子绕组交流耐压前60s实测绝缘电阻值换算到100℃的值三相均为7.67MΩ,满足设计≥2.61MΩ的要求;吸收比最小值为8.57,满足设计和规范≥1.6的要求;极化指数最小值为3,满足规范和设计≥2的要求;平衡系数为0,满足设计≤2的要求。因此,定子绕组交流耐压试验后绝缘情况良好。

4 试验总结与改进

LL16漆是一种高阻漆,ALSTOM工艺要求定子装配主引出线和中性点引出线绝缘支板、铜环支架绝缘垫块均涂覆一层LL16漆,形成一种全防晕结构,该结构可使定子整个端部的电位趋于平衡,以减小机组运行中电晕现象的产生。但是,由于中性点端部与支架环氧玻璃布板之间的电气距离偏小,现场施工将中性点引出线、中性点支架环氧玻璃布板两面及环氧玻璃布板出线孔内表面均涂刷了一层LL16防晕漆,导致在主引出线加压时,中性点引出线通过LL16发生放电击穿现象。

ALSTOM主设、绝缘专家通过对定子整体交流耐压试验的电晕电压、极化指数等参数进行分析后明确表示离中性点端子100mm的引出线绝缘表面(包括中性点支架环氧玻璃布板表面)不再涂刷LL16漆,对后续机组实施同样要求。ALSTOM随后将做图纸改版。

5 主要工艺特点

锦屏二级水电站发电机定子绕组采用的防晕

绝缘处理均是在下层线棒引出端、端箍、上层线棒引出端、跨接线、引线头、铜环引线接头处,包括支撑垫块、斜边垫块(及其适形毡)完成绝缘包扎且在固化后的绝缘表面涂刷一层高电阻防晕漆LL16。这是与国内现场定子下线绝缘工艺相比较为突出的特点。国内同类型机组定子下线过程中,大多是对各部位进行绝缘包扎时在每层绝缘包扎的表面涂刷高电阻防晕漆,在防止电晕的产生和影响的同等要求下,结合绝缘材料的优越性,法国阿尔斯通的绝缘工艺存在明显的省工、省时、高效的优点。

6 结语

锦屏二级水电站1#机组发电机定子在安装间完成机座组装、铁芯叠压和铁芯损耗试验后,吊入机坑进行定子下线施工,于2012年3月15日一次性整体通过交流耐压试验,试验结果优于厂家标准。此台机组定子下线的改进工艺为后续7台机组定子下线工作提供了成功的范例和宝贵的经验,同时也为其它类型机组的制造工艺、下线工作提供了一定的参考。

作者简介:

雷鸣(1986-),男,河北石家庄人,助理工程师,从事水利水电工程电气设备安装监理工作;

田维平(1973-),女,重庆江津人,技术员,从事水利水电工程机电设备安装监理工作;

丁世全(1969-),男,四川眉山人,高级工程师,学士,从事水利水电工程机电设备安装监理工作。(责任编辑:李燕辉)

向家坝电站机组今年首次全部满发

7月17日,向家坝电站8台机组今年首次全部满发,单机出力75万千瓦,全电站总出力600万千瓦,日发电量过亿千瓦时。向家坝电站设计安装8台、单机容量80万千瓦水轮发电机组,当前调度允许最大运行出力为75万千瓦。7月17日,随着电站外送线路的正常恢复以及上游来水的增加,向家坝电站机组今年首次全部满发。向家坝电厂认真落实机组大负荷长周期运行控制措施,增加巡检频次,强化在线监测及趋势分析,密切监视机组的运行工况,及时启动《汛期机组设备运行参数表》,重点关注机组轴承温度、摆摆、技术供水压力等关键运行参数,对异常参数加强分析;依据水头的变化及时调整出力,确保机组始终在最优工况下运行;积极预控风险,有针对性地开展专项隐患排查,确保设备安全稳定运行,努力保障机组丰水期稳发、满发、多发。目前,监测数据显示,8台机组运行状况良好,各项指标显示正常,向家坝电厂全体员工全力以赴,时刻做好机组运行状态的监视和维护,确保安全度汛多发目标的顺利实现。